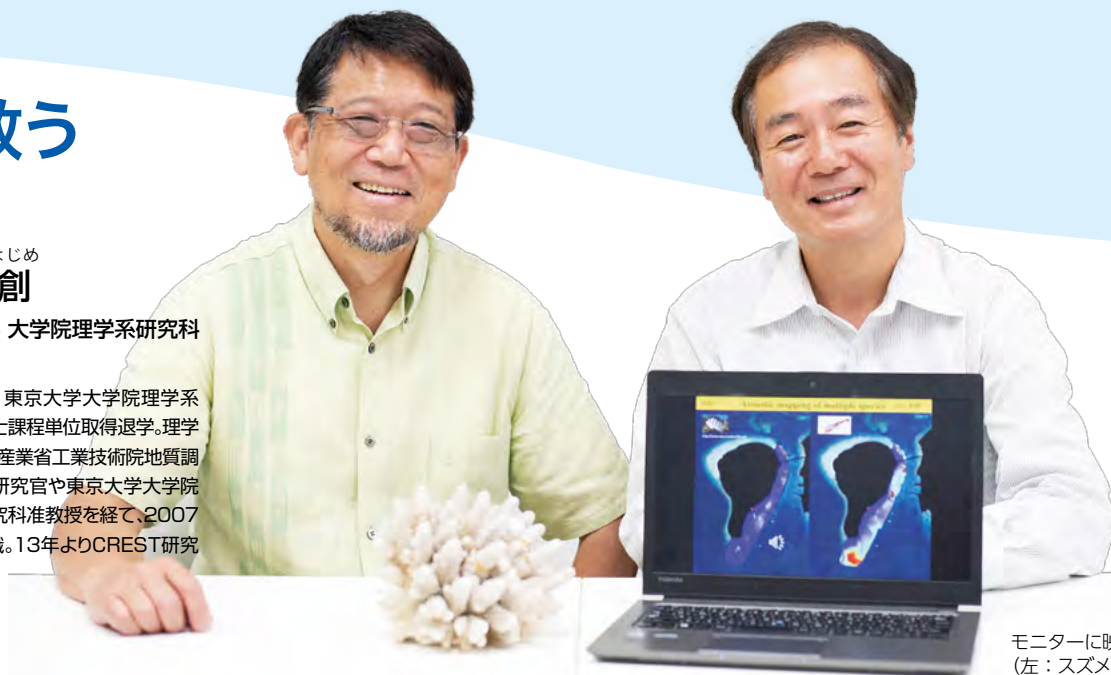


# 深場サンゴ礁が海の生き物を救う

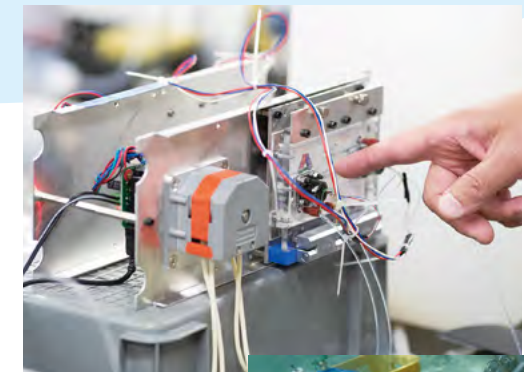
海の生物種の4分の1が生息するサンゴ礁。自ら移動できない造礁サンゴは環境変化の影響を受けやすく、絶滅の危機に追い込まれている。深場のサンゴであれば、地球温暖化や陸からの影響が少なく、生き物の避難地にできるのではないかと。この仮説の検証に多様な計測技術で挑むのが、東京大学の茅根創教授と水産研究・教育機構の赤松友成主任研究員らの研究チームだ。

かやね はじめ  
**茅根 創**  
東京大学 大学院理学系研究科 教授  
1988年 東京大学大学院理学系研究科博士課程単位取得退学。理学博士。通商産業省工業技術院地質調査所主任研究員や東京大学大学院理学系研究科准教授を経て、2007年より現職。13年よりCREST研究代表者。



あかまつともなり  
**赤松 友成**  
水産研究・教育機構 中央水産研究所 主任研究員  
1989年 東北大学大学院理学研究科修士課程修了。博士(農学)。ケンタッキー大学生物科学科客員研究員や水産総合研究センター水産工学研究所グループ長を経て、2016年より現職。11年から16年度までCREST研究代表者。

モニターに映るのは瀬底島で得られた生物音の地図  
(左：スズメダイ、右：テッポウエビ)。



■図2  
微量連続炭酸系計測装置



装置を筒状の容器に入れて、電源や試薬とともにサンゴ礁底に設置して連続観測する。

## 「白化」を受けにくい環境 多様な計測技術で調査

サンゴ礁の鮮やかな色が失われようとしている。サンゴの多くは水深30メートル以浅の浅場に分布し、体内に共生する褐虫藻の光合成から栄養を得ている。褐虫藻の色素が透けて、サンゴは美しく彩られる。ところが地球温暖化の影響で海水温が上昇すると、褐虫藻が抜け出て、サンゴの白い骨格が目立つようになる。この「白化現象」によりサンゴは栄養を絶たれ、そこで育まれる多くの生命も脅かされている(図1)。

白化で浅場のサンゴが死滅した後、回復するためのサンゴの供給源として期待が寄せられているのが、水深40メートル以深に生息する深場サンゴ礁だ。東京大学の茅根創教授はこう語る。「水温が30度を超える状態が長期間続くと白化が起こります。水深40～70メートルの深場サンゴ礁では、夏でも26度や27度で環境が安定しています。白化の被害を受けにくいので、浅場サンゴ礁にすむ生物の避難地として働くという仮説がサンゴ礁研究者に

よって提唱されました」。水産研究・教育機構の赤松友成主任研究員は「非常に魅力的な仮説で、ぜひチャレンジしたい」と思ったという。

深場は浅場の生物が生きられる環境なのか。浅場に比べて環境が安定しているのか。人間が潜水する調査は、水深30メートルを超えると減圧症などで著しく制約を受けるため、深場サンゴ礁の環境や生物の基本的な情報が不足していた。

「CRESTでは人間が潜水せずとも深場サンゴ礁を調査する技術が開発されていました」と茅根さん。深場サンゴ礁の分布を撮影できる自律型海中ロボット(九州工業大学・浦環教授)や、サンゴに共生する藻類や細菌類を浅場と深場で比較するための遺伝子解析(早稲田大学・竹山春子教授)、サンゴ礁に生息する魚類の種を海水から特定する環境DNA分析(東北大学・近藤倫生教授、p6参照)など、CRESTで得られた多様な計測技術を結集した。先駆けて避難地仮説に取り組んできた琉球大学の波利井佐紀准教授も共に、沖縄県の瀬底島周辺で深場サンゴ礁を調査し、仮説の検証に挑んだ。

## 代謝をリアルタイム計測 試料5ミリリットルでも精密に

地球温暖化の要因となる二酸化炭素がもたらすもう1つのストレスが、海洋酸性化だ。二酸化炭素が海中に溶け込み、本来はアルカリ性である海水のpHが低下して中性に近付くと、炭酸カルシウム飽和度が減少し、サンゴの骨格形成(石灰化)が困難になる。

海水中の炭酸系は、pH、アルカリ度、二酸化炭素濃度、全炭酸濃度のうち、2つを測定して決定する。褐虫藻が活発に光合成すれば、海水の二酸化炭素が減っていく。石灰化すると、骨格の材料を海水から取り込むため、全炭酸濃度とアルカリ度は低下する。

海洋酸性化のストレスを受けて、光合成や石灰化などサンゴの代謝はどのように変化するのか。「海水のアルカリ



■図1 瀬底島周辺のサンゴ礁。浅場での白化が深刻だ。(2016年8月撮影)

度は光合成では変化せず、サンゴの石灰化のみによって変化するので、代謝を知るにはアルカリ度を測ることが重要」と茅根さんは考え、pHとアルカリ度を同時に連続計測する装置を開発した(図2)。

「従来の測定方法では海水を実験室に持ち帰り、1つずつ計測していたので、連続的な変化を捉えられませんでした。そこで、現場に持ち込めるように測定装置本体の重さは1キログラム以下と小型化し、さらに消費電力10ワット以下と省電力化も実現しました。わずか5ミリリットルの試料も精密に計測できます」。

浅場と深場でどれくらい代謝が違うのか。浅場の生物を深場に移植すると代謝は変わるのか。これらの解明に役立つデータがリアルタイムで得られるようになった。

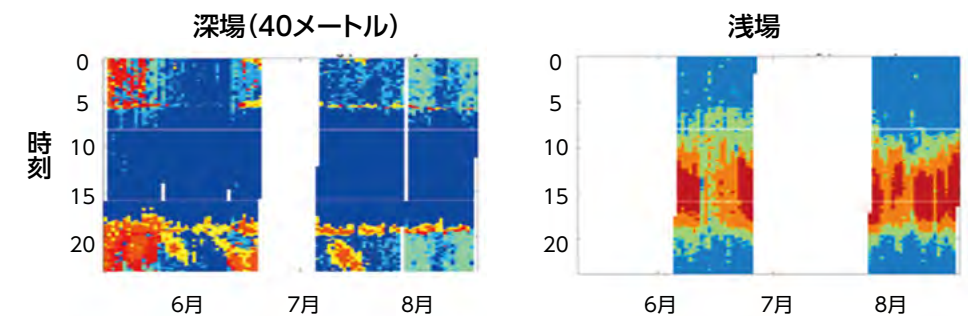
## AIで音響観測 共生生物の多様性を判断

電波や光が届かない深場サンゴ礁の生物を、赤松さんは音で可視化した。これまでの音響探査技術は、音波を当てて生物の量を測っていた。赤松さんは海中の生物が自ら発する音を観測する装置を開発し、大型鯨から甲殻

類まで、海洋生物の種類ごとの分布地図を作ってきた。

「海の生物は実にいろいろな音を発していますが、これまでに調べられたのはごくわずかな種類に過ぎません。特定の水産魚種の音を捉えるのと異なり、サンゴ礁には多様な生物がいるので、新たな解析技術が求められました」と赤松さん。機械学習を採り入れ、人間が聴かなくても機械が音声进行分类して数えるアルゴリズムを作った。「多くの種類の共生生物がいれば、発せられる音も多様なはず。いわば、音の風景の豊かさを数値化するようなものです」。

水中マイクを付けたカヌーで瀬底島を半周し、深場と浅場に録音機を沈めて約1年間かけて音響データを集めた(図3)。CRESTの会議後、琉球大学の波利井准教授とフレデリック・シニグル研究員との立ち話で仮説の存在を知ったことが、これまで経験のなかったサン



■図3 浅場と深場で生物音の変化を自動分類して比較した。色は音の種類を表す。深場では夕方から明け方にかけていろいろな音が記録された。